



Holl András

Számítástechnika a csillagászatban

"Nincs olyan tudományág, ahol ez a felfedezés oly rendkívüli haszonnal kecsegtetne, mint a csillagászatban... Nincs olyan tudomány, ami nehezebb számításokat igényelne a csillagászatnál; nincs olyan, amihez több segédtáblázatra lenne szükség; nincs olyan, amiben a számítási hiba olyan károkat okozna. ...Babbage úr találmánya a csillagász munkájának legfárasztóbb részét könnyíti meg, és új lendületet ad a csillagászati kutatásnak." - mondta **Henry Thomas Colebroke**, amikor 1824-ben átadta **Charles Babbage**-nak a Royal Astronomical Society első aranyérmét. A kitüntetést Babbage mechanikus számítógépének tervével érdemelte ki, melynek megépítését sohasem fejezte be. (1991-ben, a feltaláló születésének kétszázadik évfordulójára építették meg egy későbbi tervét a londoni Science Museumban.) Leglelkesebb támogatója, **Augusta Ada**, Lovelace grófnője (róla nevezték el az Ada programozási nyelvet) mondta Babbage munkájáról: "Ki láthatná előre egy ilyen találmány következményeit?". Néhány "következményről" számol be ez a cikk.

Észlelés

Többé-kevésbé minden új tudományos eredmény forrása a megfigyelés, így a csillagászati számítástechnika bemutatását is a megfigyeléseknél kezdjük.

A piszkéstetői 1 m-es teleszkóp vezérlő- és adatgyűjtő rendszere

Ezzel a teleszkóppal főleg fotoelektromos fotometriai méréseket végeznek, ami az egyik legegyszerűbb csillagászati mérés. A nyers eredmény mindössze néhány számadat: a változó, az összehasonlító és a háttér fényessége több színszűrőn keresztül, az egyes mérésekhez tartozó időadatokkal együtt. A mátrai *Ritchey-Chrétien-Coudé* (RCC) teleszkóp vezérlését jelenleg egy IBM PC XT végzi, egy moduláris felépítésű elektronikus rendszer (CAMAC) segítségével. A teleszkóp automatikusan a megfelelő irányba állítható, bár célszerű (a gyorsabb tempó miatt) kézi vezérléssel nagyjából a kívánt irányba állítani. Az automatika a terület azonosításának munkáját veszi le az észlelő válláról, az utolsó finombeállítás ismét a csillagászra marad. Programmal lehet a fotoelektron-sokszorozós fotométer integrálási idejét megadni. A program gondoskodik a rádiós időjelvevő és a fotométer adatainak kiolvasásáról, képernyőre íratásáról és lemezre rögzítéséről. Végül a számítógép vezérli a színszűrők váltását is. Mint láhattuk, bár a rendszer rendkívül megkönnyíti az észlelő munkáját, mindazonáltal a csillagásznak továbbra is állandóan a távcső mellett kell lennie. Hamarosan egy *CCD-kamera* is rendelkezésére áll majd az RCC teleszkóppal dolgozó kutatóknak. Ennek a vezérlését is egy PC végzi majd - de ez már 486-os! Jóval nagyobb adatfeldolgozási

és tárolási kapacitásra lesz szükség. Lássuk csak, miért! A nyers CCD felvétel kiábrándítóan hat: az egyes képelemek eltérő érzékenysége miatt gyakran felismerhetetlen a megfigyelt objektum. Ezért minden képelemnél a mért értéket meg kell szorozni az adott elem relatív érzékenységevel. Ez egy 770 X 1170 képelemből álló CCD-nél (ilyen kerül az 1~m-es távcsőre) több mint 900000 (lebegőpontos) szorzást jelent. A távcső fókuszálása a CCD-kamera és a számítógép segítségével pontosabban elvégezhető: egy nem túl halvány csillagot kell csak beállítani, és a fókusz lépésenként elmozdítva egy Gauss-görbét illeszteni a csillag képére. Ahol a görbe félértékszélessége a legkisebb, ott a fókusz. Gauss-görbe illesztések kellenek ahhoz is, hogy a csillagok fényességét kiszámíthassuk - és az észlelő csillagász szereti rögtön ellenőrizni, mit is mért. Az illesztések azonban számításigényesek. Egy kép (minden képpontot 2 bájtban ábrázolva) 1.8 MB-ot foglal el. (Összehasonlításképp megjegyezzük, hogy a fotoelektromos fotométerrel egy éjszaka során kapott nyers adatok mennyisége nem több néhány száz kilobájt nál!) Egy derült téli éjszakán több száz felvétel is készülhet. Ez azt jelenti, hogy az adatok átmeneti tárolásához több száz MB-os winchesterre van szükség. Ráadásul a képeket el is kell valahogy hozni Budapestre - ez ebben az esetben egy 2 GB kapacitású *DAT mágneskazetta* segítségével történik majd. A fent bemutatott két műszer viszonylag egyszerű. Sokkal bonyolultabb számítástechnikára van szükség mondjuk, az EMMI-vel (*ESO Multi Mode Instrument = ESO Többcélú Berendezés*) való észleléshez. Ezzel az Új Technológiájú Teleszkópra (*New Technology Telescope, NTT*) szerelt berendezéssel képek és spektrumok egyaránt készülhetnek, egyszerre akár 52 különböző (egymáshoz közeli) objektumról!

Távészlelés

A modern műszerekkel felszerelt nagy teleszkópok többnyire a sűrűn lakott területektől távol - Chilében, Hawaiiban, a Kanári-szigeteken - találhatók. Meglehetősen sokba kerül odautazni egy-egy észlelés elvégzésére - diákoknak, kelet-európaiaknak szinte lehetetlen. De a nyugat-európai vagy egyesült államokbeli csillagászok sem engedhetik meg maguknak ezt akármilyen gyakran. Ezért (no meg a nehezen megszerezhető távcsőidő miatt) rendszerint lehetetlen hosszú időn keresztül rendszeresen megfigyelni egy-egy objektumot, és nem kifizetődő mindössze néhány órányi megfigyelést beütemezni. Ezeken a gondokon segít a távészlelés. (Az előnyök között sorolhatnánk még az anyaintézet megszokott körülményeit, mint a jól felszerelt könyvtár; de a Washingtoni Egyetem egyik kutatója⁽¹⁾ egy hátrányra is felhívja a figyelmet: az "otthonról" észlelő csillagásztól a kimerítő észlelési program után még elvárják, hogy az óráit megtartsa, majd munkahelyéről hazatérve családi teendőit is el kell látnia!)

Távészlelés az ESO-ban

1987 óta az ESO néhány La Silla-i távcsövével: az 1.4 m-es Coudé Teleszkóppal (*Coudé Auxiliary Telescope, CAT*) és a 2.2 m-es teleszkóppal is lehet távészlelést végezni az ESO központjából, a München melletti Garchingból. Alkalmassá tették a távészlelésre az 50 cm-es "Dán" fotometriai távcsövet is. A távcsövek mellett szükség van egy éjszakai asszisztensre, de a csillagásznak nem kell Chilébe utaznia. 1993-tól az NTT-vel is lehetőség nyílik távészlelésre, ráadásul nem is csupán Garchingból, hanem tetszőleges más helyről is (persze, ahol rendelkezésre áll a megfelelő számítógépes hálózat, valamint néhány *munkaállomás* és PC). La Silla-t és Garchingot egy 64 kbps (*kilobit per szekundum*) sebességű bérelt, műholdas adatvonal köti össze. A távészlelés során ezt három csatornára osztják: az egyik hangkapcsolatot biztosít a csillagász és a távcső mellett dolgozó éjszakai asszisztens között; a másikon a vezetőtávcsőre vagy a használatban levő műszerre szerelt kamerából érkezik három másodpercenként egy videokép az észlelő csillagász monitorára (ezzel lehet ellenőrizni a blendébe ill. a résre eső képet az expozíció előtt); végül a harmadik csatorna az észlelési adatok átvitelére szolgál: ez a teleszkóp és az európai obszervatórium lokális számítógéphálózatát köti össze⁽²⁾. Az első két csatornánál adattömörítést alkalmaznak - ez kissé eltorzítja a hangot, és a csak ellenőrzési célra szolgáló videóképnél is lehetséges némi adatvesztés. Garchingban egy-egy munkaállomás ill. *X-terminál* szolgál a teleszkóp és a műszer vezérlésére, és a megfigyelési eredmények gyors elemzésére (az utóbbi feladatra a MIDAS nevű program szolgál, amiről később még lesz szó). Egyre több obszervatórium ad módot távvezérelt megfigyelésekre: a Royal Observatoryból (Edinburgh) lehet megfigyeléseket végezni a Hawaii-ban felállított nagy infravörös teleszkóppal (*United Kingdom InfraRed Telescope, UKIRT*) és a szubmilliméteres tartományban működő Maxwell Teleszkóppal (*James Clerk Maxwell Telescope, JCMT*).⁽³⁾ Módot kínál távészlelésre a Washingtoni Egyetem Apache Peak-i obszervatóriuma az Egyesült Államokban, vagy a La Palma-i Obszervatórium is (néhány távcsőre). A távészlelési technika segíthet abban az esetben is, amikor

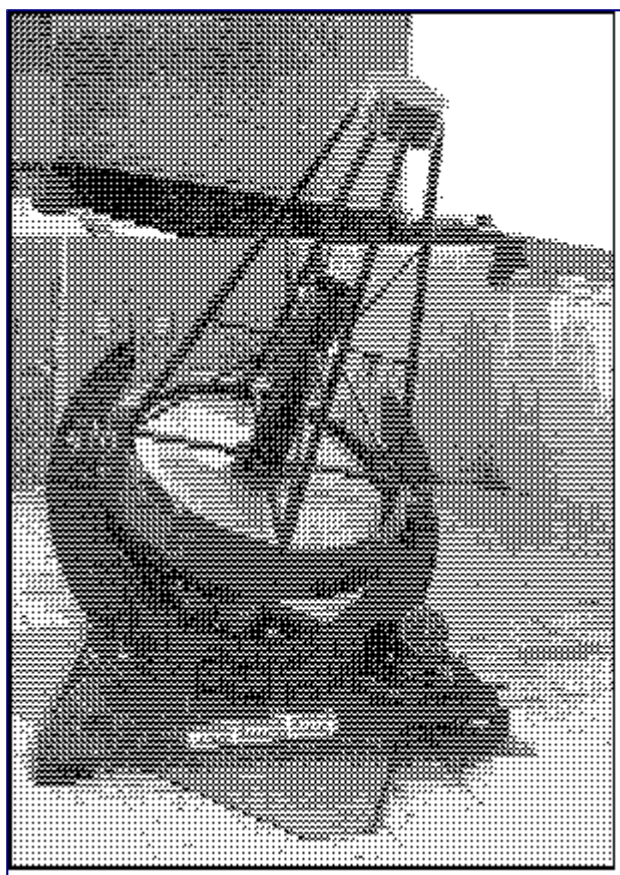
a kutatócsoport egy tagja a távcső mellett van: a többiek az anyaintézetből nyomon követhetik a megfigyeléseket, tanácsokat adhatnak távcső mellett dolgozó kollégájuknak a következő expozícióhoz. Az Apache Peak-i teleszkópok távvezérléséhez szükségeltetik a legkevesebb technika: egy Internet vonal meg egy Macintosh számítógép kell csupán.

Robottávcsövek

A távvezérléssel működő teleszkópok általában nagy és drága berendezések, ezzel szemben a robottávcsövek viszonylag olcsók, kis méretűek, és általában egyszerű programokra használják őket. A csillagászati robottechnika alkalmazási területei (az ipari robotokéhoz hasonlóan) azok a megfigyelések lehetnek, melyeknél ugyanazt a műveletsort kell nagyon sokszor ismételni. Az egyik ilyen terület az asztrometria: a Kanári-szigeteken felállított dán *Carlsberg Automatikus Meridiánkör* 1984 és 1990 között mintegy 80000 csillag pozícióját mérte meg. A legelterjedtebb alkalmazási terület azonban a fotometria. A fotometráló robottávcsövek - a rendszeres karbantartástól eltekintve - minden emberi beavatkozás nélkül működnek. Kupola helyett rendszerint egy letolható tetős épületben helyezik el őket, természetesen a tető mozgatása is automatizált. A robottávcső-rendszerek lényeges eleme az automatikus környezetfigyelő rendszer. A csapadékot, légnedvességet, hőmérsékletet ellenőrző érzékelők gondoskodnak arról, hogy a távcső befejezze a programot, és a tető becsukódjon, ha mondjuk elered az eső. Az éjszaka fotometriai minőségének ellenőrzéséhez persze nincs szükség külön berendezésekre - ez magukból a mért adatokból kiderül!

Az APT-k

Az Egyesült Államokban az *Autoscope Corporation*[\(4\)](#) sorozatban állítja elő a robottávcsöveket. 75 cm átmérőjű, meglepően kompakt, patkóvillás szerelésű távcsöveiket fotoelektronsokszorozós fotométerekkel látják el, ezért fényes (>12m) változócsillagok kerülhetnek a programba (halványabb csillagokból túl sok van - nem lehetne automatikusan azonosítani a programcsillagot). Az angliai *Bradford Egyetemen* tervezett robottávcső CCD kamerával van felszerelve - ez lehetővé teszi halványabb csillagok megfigyelését is (kb. 16 magnitúdóig).



Úrfürkész

Az automata távcsövek "profiljába" tartozik a felfedező munka is. A 60-as évek végén az első távvezérelhető teleszkóp is foglalkozott szupernóvakereséssel (a Kitt Peak-i obszervatóriumban működött). Ugyanott állították üzembe 1984-ben az *Úrfürkész* (*Spacewatch*) távcsövet. Ez a 91 cm-es teleszkóp félórás időközönként háromszor készít felvételt ugyanarról a területről, és a felvételen számítógép keresi a gyorsan mozgó objektumokat. A program célja az újabban megint az érdeklődés középpontjába került "földsúroló" kisbolygók felfedezése. Az első öt év alatt egyetlen kisbolygót sem találtak, de miután 1989-ben nagyobbra cserélték a CCD-t, három év alatt nyolc akadt horogra. Az 1993-as évkönyvben (*Kisbolygó kutatás, 120. o.*) olvashattunk az *Úrfürkész* felfedezéseiről.

Aktív optika - adaptív optika

A távcsövek leképezését lényegesen befolyásolja (értsd: rontja) a légköri turbulencia, a távcsőtükör deformálódása (saját súlya alatt, ill. a hőtágulás hatására) és a megmunkálás pontatlansága. Az *adaptív optika* a légmozgások hatását küszöböli ki, míg az *aktív optika* a másik két problémán segít a fő- illetve a segédtükör mozgatásával és deformálásával. Mindkét esetben valamilyen referencia-fényforrásra van szükség, aminek a torzult képe segít a korrekciók kiszámításában. Az adaptív optikánál másodpercenként nagyjából hússzor kell a bonyolult számításokat és a beavatkozást elvégezni, az aktív optikánál elég óránként néhányszor.⁽⁵⁾ A 3.6 m-es NTT aktív optikájának a felbontása elméletileg 0.125" - az első próbák során a gyakorlatban 0.33"-et értek el. (Az ESO másik, hagyományos technológiával készült 3.6 m-es távcsövével 1"-es felbontás érhető el.) A számítástechnika ez esetben a háttérben marad, pedig az eredményben nagy része van!

Lemezkimérőgépek

A CCD-k még az új, 4096 X 4096-képelemes csipekkel sem érik el a fotólemez információtároló képességét. A pizskéstetői Schmidt-teleszkóphoz használt 16 X 16 cm-es üveglemezek 100 vonal/mm-es felbontással számolva több, mint 200 millió képelemet tartalmaznak. Ám hiába tartalmaz ennyi információt egy fotografikus lemez, ha ezt az információt nem lehet a számítógéppel feldolgozni! A hagyományos eljárások e hatalmas információmennyiségnek csak tört részét hasznosítják. Már több, mint egy évtizede megjelentek azok a berendezések, melyek képesek teljes lemezek digitalizálására és a rajtuk megörökített objektumok automatikus kigyűjtésére. E berendezések egy része egyedi, mint az edinburgh-i COSMOS, a cambridge-i APM, a leideni ASTROSCAN, de elterjedtek a Perkin-Elmer cég sorozatban gyártott PDS lemezkimérőgépei is.

A Münsteri Vöröseltolódás Program

Az Univerzum nagyléptékű struktúráinak vizsgálatához hatalmas vöröseltolódás-mintákra van szükség. A nyolcvanas évek közepén Münsterben módot találtak arra, hogyan lehet viszonylag olcsón szert tenni rengeteg - ám viszonylag pontatlan - vöröseltolódás értékre. (Újabban a Sloane-felmérés tűzte ki céljául nagyszámú galaxis és kvazár vöröseltolódásának megmérést, de ez esetben nagy befektetések árán, nagyobb pontossággal.) Münsterben direkt és objektívprizmás felvételeket digitalizálnak egy PDS 2020GM lemezkimérőgéppel, majd egy *szakértői rendszer* segítségével válogatják külön a csillagokat, galaxisokat és kvazárokat. (A szakértői rendszerek olyan számítógép-programok, melyek bonyolult - korábban csak kivételes emberi szakértelemmel átlátható - helyzetekben képesek döntéseket hozni. A csillagászatban a spektrálklasszifikáció ilyen feladat, az orvostudományban például a betegségek diagnosztizálása.) A münsteri csoport⁽⁶⁾ négyzetfokonként 250 galaxis vöröseltolódását mérte meg az általuk letapogatott lemezeken, $z=0.3$ -ig.

Digitális csillagtérkép

A Hubble Űrtávcsőnek a pontos célratartáshoz vezetőcsillagokra van szüksége. Négyzetfokonként legalább száznak kell rendelkezésre állnia, hogy tetszőleges célpont megfigyelhető legyen. Mindebből az következik, hogy körülbelül 15 magnitúdóig ismerni kell a célpontok közelében a csillagokat. A vezetőcsillag-katalógus céljaira 1982-ben a Palomar Observatórium Schmidt távcsövével V színben készített, rövid, 20 perces megvilágítású felvételekkel újra feltérképezték az északi égboltot. A déli szélességekre a Siding Spring-i (Ausztrália) UK Schmidt távcső B színben készített felmérését választották ki. Kezdetben úgy gondolták, a megfigyelés előtt digitalizálják majd a szükséges területet, de hamar kiderült, hogy ez a módszer nem lenne elég hatékony. Elhatározták, hogy inkább előre letapogatják az összes felvételt! Az Űrtávcső Tudományos Kutatóintézet (*Space Telescope Science Institute, STScI*; Baltimore) két PDS 2020GM lemezkimérőgépe segítségével közel három év alatt letapogatták a két felmérés lemezeit (összesen 1477 lemezt). Napi két műszakban folyt a munka (egy teljes lemezzel 12 óra alatt készültek el). A digitalizálás 25 mikronos lépésközzel történt, így egy lemeznél $14000 \times 14000 = 196$ millió lépésre volt szükség. A digitális képeken számítógépes program azonosította a csillagszerű és a csillagoknál valamivel kiterjedtebb objektumokat. A Vezetőcsillagok Katalógusába (*Guide Star Catalog, GSC*) végül nagyjából 15 millió csillag és több mint három millió egyéb objektum (többnyire galaxis) került be. A katalógus nyomtatott formában már nem is jelent meg, csak CD-ROM-on: ezekből kettőre fért rá a teljes égbolt. A GSC úgy 14.5 magnitúdóig teljes, de nagyon pontatlan és egyenetlen (a pozícióadatok $2''$, a fényességértékek legjobb esetben tized magnitúdó pontosságúak, ráadásul különböző színben vannak megadva az északi és déli égboltra). De ne felejtjük el, hogy milyen célra készült: a HST vezetésére. A legtöbb lemezkimérőgépnél az objektumok "kimazsolázása" után eldobják a digitalizált képet (egy kép legalább 400 MB-nyi helyet foglal!). Szerencsére ebben az esetben nem így történt, optikai diszkeken elraktározták az anyagot. Ez a képanyag is közkinccsé válik hamarosan: a tehetősebb obszervatóriumok megvehetik CD-ROM-okon. Egy képtömörítési eljárás segítségével minimális információvesztéssel tizedrészükre összenyomott képek körülbelül 100 lemezen férnek majd el. A képekkel együtt egy olyan szoftver is lesz majd a lemezeken, amivel megjeleníthetők, koordinátaháló vetíthető rájuk, illetve azonosíthatók például a SAO katalógusban szereplő csillagok. És ez még nem minden! Jelenleg is folyik az újabb epochájú és más színben készült felmérések digitalizálása: a GSC következő kiadásai sajátmozgás- és színindex adatokat is tartalmaznak majd! A pozíciós és fotometriai pontosságot pedig a *HIPPARCOS* asztrometriai mesterséges hold *TYCHO* nevű műszere eredményeivel összevetve növelik majd - legalábbis a "legfényesebb" egy-két millió csillagnál.

A Hubble Űrtávcső

Az Űrtávcső működésének, használatának nincsen olyan mozzanata, ami ne fonódna össze a fejlett számítástechnikával. A HST működésének számítástechnikai oldalára nem is fogunk kitérni, erről az űrkutatási irodalomból tájékozódhat az érdeklődő. Kevésbé ismertek a távcsővel való észlelés számítástechnikai vonatkozásai - az alábbiakban erről lesz szó.

Javaslatkészítés

A kutatóknak észlelési időért kell folyamodniuk, ha a HST-vel kívánnak észlelni. Először is javaslatot kell benyújtaniuk, alapos indoklással és a javasolt megfigyelés részletes leírásával. Ha a program megvalósításra érdemesnek bizonyul, és a leírás alapján technikailag kivitelezhető, a javaslattevőknek egy még alaposabban kidolgozott programot kell készíteniük, ami már az Űrtávcsőnek küldendő parancsok sorozatává alakítható. A javaslatkészítés nem könnyű feladat - a HST roppant bonyolult műszeregyüttes, melynek a dokumentációja sok kötetre rúg. A javaslatkészítés megkönnyítését szolgálja a *HST Expert Assistant (EA)* nevű szakértői rendszer. A szakértői rendszer készítői [\(7\)](#) maguk nem értettek a HST használatához; a rendszer *tudásbázisát* a HST számítógépes formátumban tárolt dokumentációjának táblázataiból és szövegéből töltötték fel. A rendszer egy ablakozó-egeres-menüs felülettel tartja a kapcsolatot a felhasználóval. *Mesterséges intelligencia* rendszere a tudásbázis és az érvelési-következtetési képesség segítségével támogatja a kezdő HST-felhasználót. A program *Lisp* nyelven íródott, egy kereskedelmi forgalomban lévő szakértőrendszer-fejlesztő környezetre épül, és egy Texas Explorer nevű, Lisp-alapú számítógépen fut. Az EA-nak négy alegysége van: az egyik segítségével a megfelelő műszerkonfigurációt választhatja ki a javaslatkészítő; egy másik a *garantált észlelési időre*

beérkezett javaslatok adatbázisát kérdezi le (ebben a műszerek készítőinek megfigyelési programjavaslatai találhatók); a harmadik pedig egy *hipertext* alapú HST-szótár, melyben a HST-alapfogalmak, rövidítések, rövid leírások és vázlatrajzok szerepelnek. Az EA legtöbbször használt modulja az *expozíciós idő kalkulátor*, melynek segítségével a megfigyelni kívánt objektum spektráltípusának, látszó fényességének, a kívánt háttérfényességnek és jel/zaj viszonyának megfelelően kiszámítja az expozíciós időt. A kalkulátor egy táblázatkezelőhöz hasonlóan működik: ha a felhasználó például az expozíciós idő értékét írja be, a megfelelő ablakban azonnal megjelenik, hogy a megfigyelés jel/zaj viszonya mekkora lesz. A rendszer használata könnyű és intuitív, hiszen nem sok értelme lenne, ha a javaslatkészítőnek a HST dokumentáció átolvasása helyett az EA dokumentációját kellene hosszan tanulmányoznia.

Az észlelési javaslat beküldése

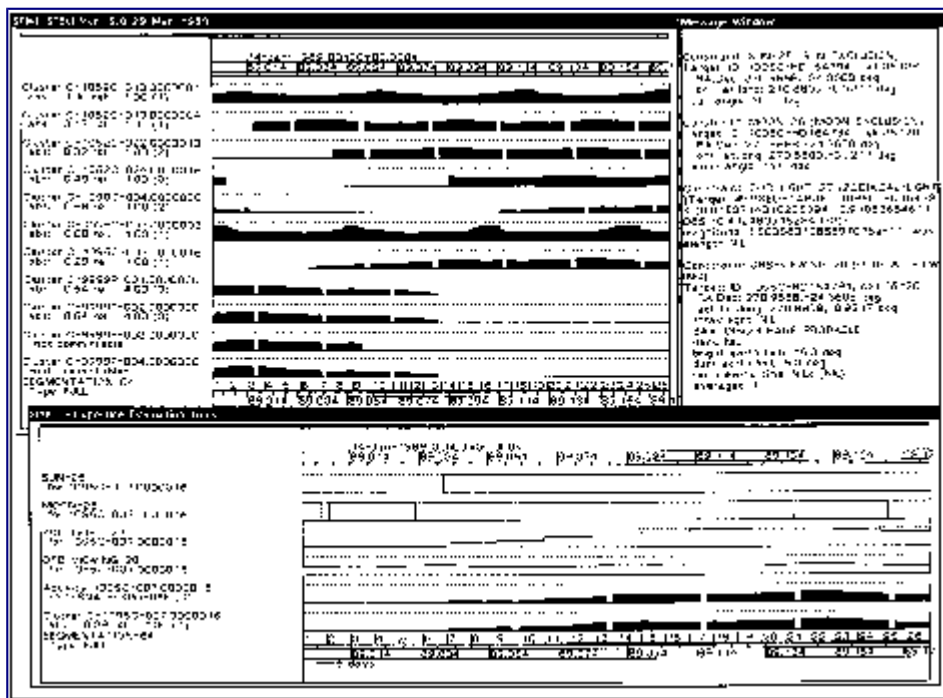
A kész javaslatokat számítógépes hálózatokon keresztül lehet beküldeni.⁽⁸⁾ (Kezdetben fenntartották a lehetőséget a levélben való beküldésre is, de a hagyományos postát választók - vagy erre kényszerülők - eleve hátránnyal indultak: számukra egy hónappal korábban volt a beküldési határidő. Nem is sokan járták ezt az utat, már a második észlelési ciklus⁽⁹⁾ javaslatainak kilencetizede elektronikusan érkezett be.

Javaslatfeldolgozás

A beérkezés után szintaktikusan ellenőrzik a javaslatokat, például kiszűrve az elért színszűrőneveket, vagy hiányzó célobjektumokat. (A HST Expert Assistant segítségével készült javaslatokban persze nem lehetnek ilyen hibák!) A helyesen kitöltött javaslatok egy adatbázisba kerülnek.⁽¹⁰⁾ Ezután a STSci munkatársai ellenőrzik a javaslat megvalósíthatóságát. Majd újra a számítógépeken a sor: egy szakértői rendszer kiszűri az átfedéseket a különböző javaslatok között. A következő lépésben a javaslatokat egy újabb szakértői rendszer, a TRANS fordítja le a HST "gépi kódjára". Ez a rendszer mellesleg néhány még eddig bennmaradt szemantikus (tartalmi) hibát is kiszűr. A TRANS folyamatosan "tanul" - 1990-ben már több, mint 280 szabály irányította döntéseit.

Időbeosztás

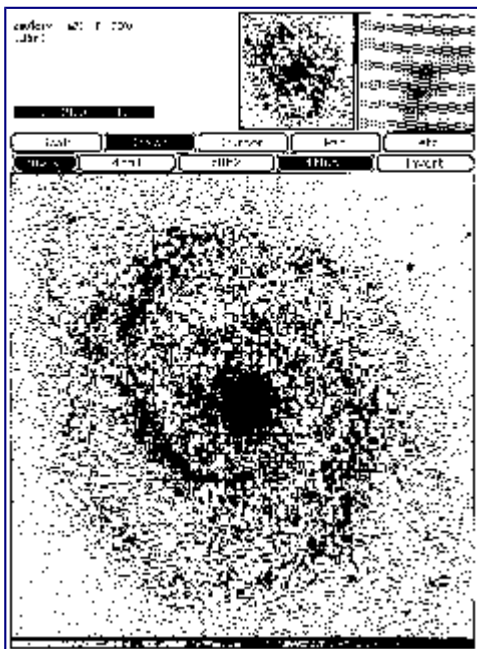
A HST üzemeltetése nagyon sokba kerül, a kihasználtsága mégis "mindössze" 28%-os. Ezt a hatásfokot is nagyon nehéz volt elérni - nem is lett volna lehetséges a számítástechnika legújabb vívmányai nélkül. De miért is olyan nehéz jó időbeosztást készíteni? A mesterséges hold alacsony pályája miatt gyorsan változik a "kilátás". Nem folyhatnak megfigyelések a Dél-Atlanti Mágneses Anomália felett (a műszereket zavarja az erős sugárzási tér), és a lassan irányozható teleszkóp nem tud más célpontra átváltani a földárnyékos pályaszakaszban. Az energiaellátás biztosítása miatt többé-kevésbé mindig ugyanolyan irányban kell állnia a Naphoz képest (a napelemtábláknak a Nap felé kell fordulniuk). Ráadásul a jelentős légköri fékeződés miatt a mesterséges hold helyzete még néhány hétre sem számolható előre. A nagyobb adatmennyiséget eredményező megfigyeléseket olyan időpontra kell beosztani, amikor a TDRSS távközlési holdak csatornái szabadok, ezeknek a csatornáknak a használatában az Űrrepülőgépnek és az amerikai hadseregnek elsőbbsége van. A teleszkóp nem fordulhat túl közel a Naphoz, a Holdhoz és a Földhöz. Az észlelési programokban is vannak megkötések: mikor, milyen sorrendben, milyen időközönként kell elvégezni az expozíciókat. És ha hirtelen valami nagyon érdekes dolog történne - mondjuk egy galaktikus szupernóva - az egész időbeosztást át kellene alakítani... Az eredeti időbeosztó rendszer⁽¹¹⁾ nem alkalmas az időbeosztás gyors átrendezésére. A feladat megoldását a Spike nevű program elkészítése jelentette.⁽¹²⁾ A Spike egy *mesterséges idegsejthálózat szimulátoron* alapul, és hihetetlen gyorsasággal képes megoldásokat találni a bonyolult időbeosztási problémákra. (Az időbeosztás problémája a sakk-matematikából ismert *N-királynő problémával* rokon. 1988-ig 96 volt a legnagyobb N, amire megoldást ismertek - az időbeosztó szoftver előtanulmányaként az N=1024-es esetre is megoldást találtak!⁽¹³⁾) A Spike nem feltétlenül a legjobb megoldást találja meg (mint ahogy az N-királynő problémában sem képes az összes megoldást megadni), de különböző véletlen kezdőállapotból indulva gyorsan talál nagyon jó időbeosztásokat, melyek közül a legjobbat kell megtartani. A Spike jól vizsgázott az IUE és EUVE mesterséges holdak, illetve az NTT időbeosztásának elkészítésében is. (Ha erre a szoftverre az ELTE vagy a BME órarend- és terembeosztás-készítői rátehetnék a kezüket...)



A HST Spike nevű időbeosztó programjának egy képernyője

Nagy programcsomagok

Aki fotoelektromos fotometriai észlelést végez, maga is könnyedén megírhatja azt a programot, amivel a méréseit a nemzetközi színrendszerben megadott magnitúdóértékekké redukálja. A bonyolultabb detektoroknál ez már nem járható út. A nagy obszervatóriumok integrált programcsomagokat hoztak létre a mérési adatok redukciójára és elemzésére. Ezek a programok egységes felhasználói felületet nyújtanak a különféle detektorok adatainak kezelésére - saját parancsnyelvük van, lehetőséget nyújtanak *batch* feldolgozásra, *makrók* definiálására és valamilyen magasszintű programozási nyelven (a csillagászok leginkább a *FORTAN*-t használják) írt programok beillesztésére. Noha az első nagy programcsomagokat egy-egy "nemzeti obszervatórium" (Kitt Peak National Observatory) vagy éppen nemzetközi obszervatórium (European Southern Observatory) számára fejlesztették ki, nagyon hamar kikerültek az anyaintézmények falai közül: a vendégcsillagászok saját intézeteikben akarták az adatfeldolgozást elvégezni, ráadásul kiderült, hogy általános adatfeldolgozási célokra is nagyszerűen felhasználhatók. A fejlesztők örültek, hogy a sok telepítéssel igazolni tudják a programcsomagokba fektetett rengeteg munkát és pénzt, a kis obszervatóriumok pedig örültek az ingyen szoftvernek, aminek a kifejlesztésére nekik sohasem lett volna módjuk.



Az IRAF program egy képernyője (SAOimage)

Az IRAF

Az *IRAF*([14](#)) -ot 1981-ben kezdték fejleszteni a Kitt Peak-i Nemzeti Obszervatóriumban (később átvette a frissen alapított Nemzeti Optikai Obszervatórium szervezet,[15](#)) és a béta-változat 1985-re készült el. Redukálhatunk vele CCD-felvételeket és spektrumokat, rajzolhatunk kontúrtérképeket vagy vonalprofilokat. A képek megjelenítéséről a Smithsonian Astrophysical Observatory által készített *SAOimage* program gondoskodik. Az IRAF-ot választották a HST feldolgozóprogramjainak([16](#)) befogadó környezetévé: ez a szoftver az IRAF egyik alrendszere ("csomagja") lett.

A MIDAS

A *MIDAS*([17](#)) az ESO első, HP számítógépekre írt mérésadatgyűjtő és feldolgozó programcsomagjának, az *IHAP*-nak az utóda. A MIDAS eleinte VAX VMS operációs rendszer alatt futott, később létrehozták az UNIX-os változatát. Jelenleg folyik a PC-s változat tesztelése, ami főként a volt szocialista blokk szegényebb államaiban dolgozó csillagászok érdekeit szolgálja. A német *ROSAT* hold adatfeldolgozó csomagja, az *EXSAS* a MIDAS-ra épül (a németek is a "hazai" csomagot választották kiindulópontnak, csakúgy, mint az amerikaiak az IRAF-ot az Űrtávcső számára). Eddig mintegy 37 ország 160 intézményében telepítették a MIDAS-t.

...és a többiek

Időrendben előre kellett volna vennünk az *AIPS*([18](#)) -et, a rádiócsillagászok adatfeldolgozó "igáslovát", és a szintén rádiócsillagászati célra - a westerborki szintézis-rádióteleszkóp méréseinek redukciójára - készült *GIPSY*-t (a G Groningen-t jelent - a rövidítés további részét talán már nem szükséges feloldanunk...). A NOAO rádiócsillagászati megfelelőjében, a Nemzeti Rádiócsillagászati Obszervatóriumban([19](#)) most folyik az AIPS utódjának, az *AIPS++* -nak a fejlesztése (a vájtfülűek biztos rájöttek már: az *AIPS++* objektumorientált, és C++ programozási nyelven készül). A *GIPSY* már korábban átment egy nagy átalakuláson: az *IRAS* infravörös hold adatainak feldolgozására is alkalmassá tették. Ugyancsak *IRAS* adatok - képek - feldolgozására szolgál az amerikai *s.X* (*es-dot-iksz*). A múlt évtized adatfeldolgozási kelléktárából a fenti programcsomagok egyike mellől sem hiányozhatott még egy-két munkabíró doktori ösztöndíjas. Egy-egy megfigyelési turnus adatainak feldolgozása jónéhány napos vagy akár hetes munkába került. Ha elkészül a *Data Reduction Expert Assistant* nevű szakértői rendszer,[20](#) kevesebb élőmunkára lesz szükség (remélhetőleg azonban emiatt nem csökken a doktori ösztöndíjak száma!). Ez a szoftver egy tetszőleges háttérprogram (*IRAF*, *MIDAS* stb.) segítségével képes

a kívánt műveletsorokat elvégezni az adatokon, ha egy példán megmutatják neki, hogyan csinálja. A nagy programcsomagok általában saját, speciális adatformátumokat használnak - ahány, annyiféle. (A PC-k világában járatos olvasó bizonyára több képfarmátummal találkozott már: *GIF*, *TIFF*, *PCX* stb. A csillagászatban más formátumokat használnak, de a bábéli zűrzavar ugyanaz.) Az obszervatóriumok közti adatcsere "eszperantója" a *FITS* (*Flexible Image Transporting System*). Magán a képen, spektrumon vagy akár táblázaton kívül rengeteg járulékos információ tárolására is alkalmas: a fejlécben rögzíti az expozíciós időt, a dátumot, a detektor típusát - bármit, amire a feldolgozásnál szükség lehet. A feldolgozó programok természetesen kiolvassák a fejlécből mindazt, amire szükségük van, viszont beleírják, hogy milyen műveleteket végeztek az adatokon. Így az adatokat a fejlécben kíséri a "kártyalapjuk". Az IAU 5-ös komissziójának *FITS* munkabizottsága igyekszik összeegyeztetni a formátum fejlődését a szabványosság megtartásának szempontjaival.

Hálózatok

A számítógéphálózatok nemcsak a számítógépek, de az emberek között is kapcsolatokat teremtenek - akár a világ túlsó sarkából is segítséget nyújthat egy kolléga, ha baj van, vagy barátságok szövődhetnek a hálózatokon keresztül. A számítógéphálózatok - mi most ezen mindig a távolsági hálózatokat (*Wide Area Network*) értjük - jelentősen különböznek a postai szolgáltatásoktól. A különböző városok, országok telefonhálózatai a felhasználó számára egységes felületet nyújtanak. Bár lassúak (kicsi az adatátviteli sebességük), de igen biztonságosak (noha ez a magyar fülnek szokatlanul cseng). Ha egy levelet feladunk, az többnyire oda is ér. A számítógépes hálózatok kuszák és szövevényesek. Míg a különböző országok postái és távközlési vállalatai szabványokban egyeznek meg, és ahhoz évtizedekig ragaszkodnak, addig az egymással versenyző számítógépgyártók nem közösködnek, és újítanak, amilyen gyakran csak tehetik. A kezdő számára szokatlan, hogy elektronikus levele nem feltétlenül jut el a címzethez, hogy hálózatrészeket vagy számítógépeket egyszerűen kikapcsolhat a fenntartójuk, de mihelyt megtanulta, hogyan viselkedjen az új közegben, hamarosan már nem tud elszakadni tőle. Mivel a különböző számítógépes hálózatok nem egy egységes rendszer részei, inkább laza "szövetséget" alkotnak, nincs előfizetési díj, de nincs egységes hálózati "telefonkönyv" sem.

E-mail (elektronikus levél, e-levél)

A csillagászok mindig nagyon sokat leveleztek egymással - a levelezésből nôttek ki az első csillagászati folyóiratok, mint **Zach** báró *Monatliche Correspondenze* vagy a későbbi *Astronomische Nachrichten*. Az egyszerű levelezésen túl az e-levél lehetőséget nyújt valamiféle levelezőkörök létesítésére is: egy-egy nemzetközi program résztvevői gyakorta állítanak fel levél-elosztókat (úgynevezett mail-explodereket): melyek a központba továbbított e-leveleket automatikusan továbbküldik a listájukon szereplő minden címre. E-levélen keresztül tájékoztatják egymást a "duplumokról" a csillagászati intézmények könyvtárosai, e-levélen keresztül érkezik havonta a csillagászati rendezvények és az állásajánlatok listája, e-levélen érkeznek a kisebb hírlevelek (newsletterek). Mint már említettük, az elektronikus hálózatok fenntartói nem adják ki az előfizetők jegyzékét. A csillagászatban ezt a feladatot a greenwichi Királyi Csillagvizsgáló két munkatársa(21) vállalta fel. Félévente kiadott listájukban(22) 1992-ben már körülbelül 9000 csillagász e-levélcíme szerepelt. Természetesen a lista is e-levélen érkezik, LaTeX formátumban (minden évben egyszer kiadják nyomtatott formában is, azoknak, akiknél problémát okoz a nagy terjedelmű lista e-levélen való átvitele). A jegyzék frissítése automatizált - az egyes kutatóhelyek rendszerfelelősei egy e-levél formanyomtatványon küldhetik be a változásokat. Mint már mondtuk, itt minden önkéntes - az RGO szívességből adja ki a telefonkönyvet, és kinek-kinek a saját felelőssége, hogy az adatai helyesen szerepeljenek. A hálózatok az egyszerű e-levélnél bonyolultabb szolgáltatásokat is nyújtanak. A *BITNET* hálózat *listserver*-ei nyílt levelezőköröket tartanak fenn. Egy adott körbe egy, a listservernek küldött egysoros kód-üzenettel lehet belépni (persze, hasonlóképpen ki is léphetünk, ha megcsömörlöttünk). Ilyen levelezőkörre van például az Amerikai Csillagászati Társaság Csillagászati Szoftver Munkacsoportjának. A kör rendszerint hetekig "csöndes", mígnem a világ valamelyik pontján egy elkeseredett csillagász meg nem kérdezi: "Tud valaki egy ilyen és ilyen szoftver UNIX-os változatáról?" A válasz rendszerint nem késik sokat. Hasonlóak, bár további szoftvert és TCP/IP kapcsolatot igényelnek az Internet *USENET* levelezőkörei.

Egyedül nem megy! (A Starlink és az Astronet)

Nagy-Britanniában és Olaszországban a csillagászati intézményeknek saját, külön hálózatuk van - bár ezeknek a szervezeteknek a szerepe messze túlmutat a számítógépes hálózatokon. A brit *Starlinket* 1978-ban hozták létre, a kép- és adatfeldolgozás technikai feltételeinek megteremtésére, a számítástechnikai fejlesztésekre fordított erőfeszítések összehangolására. A Starlink központi kereteket biztosított hardverbeszerzésre és számítástechnikusok alkalmazására. A legfontosabb cél talán mégiscsak az egységes programfejlesztés. Az *Astronet* megalakulásakor már építhetett a brit tapasztalatokra. Az adatfeldolgozó szoftverek fejlesztése helyett inkább a programozást támogató eszközök kialakítására összpontosítottak. Átvették a Starlink szoftvergyűjteményét, és az ESO MIDAS programcsomagját - az általuk fejlesztett grafikus programokat (*Astronet Graphics Library*) viszont a MIDAS-ba építették bele. A Starlink integrált adatfeldolgozó-szoftverkörnyezetének neve *ADAM* (a név ellenére nem ez volt az első integrált adatfeldolgozó programcsomag, és a Starlinkben is létezett már előtte egy korábbi, lényegesen egyszerűbb szoftverkörnyezet). A két szervezet története folyamán a szoftverek, a hardver és a hálózat már többször átalakult. A Starlink például egy csillagtopológiájú (minden vonal egy központba fut be), bérlet vonalakból álló hálózatként indult, mára viszont már beépült a britek tudományos hálózatába, a *JANET*-be. (Ez a hálózat jellegzetesen brit: míg egymással összeköti, a külvilágtól viszont inkább elszigeteli a szigetország intézeteit - a baloldali közlekedéshez hasonlóan ez sem teljesen kompatibilis a kontinentális szabványokkal.)

Adatközpontok

Manapság már nehéz a megfigyelésekből származó, "kiredukált" (más műszerekkel készült mérésekkel összehasonlíthatóvá alakított) adatokat nyomtatott formában közzétenni, és ennek az értelme is egyre kevesebb, hiszen mindinkább valószínűsíthető, hogy ezeket az adatokat számítógép segítségével fogják majd használni. A HIPPARCOS asztrometriai hold "bemenő" csillagkatalógusa [\(23\)](#) megjelent ugyan nyomtatott formában is: a terjedelme hét kötetre rúg (úgy 2800 oldal). Valószínűleg sokan a CD-ROM-on kiadandó változatát használják inkább. A már említett GSC nyomtatott formában 200000 oldalon (500 kötet!) férne el. A csillagászati mesterséges holdak (*IUE*, *EINSTEIN*) méréseinek tárolásához még a közelmúltban is "nem hétköznapi" háttértároló-kapacitásokra volt szükség. Célszerűnek mutatkozott, hogy az egyes holdak méréseit egy-két központban gyűjtsék, és igény esetén az adott spektrumot, képet juttassák el a felhasználóhoz. (Mármint a másodfelhasználóhoz - a mérési programra javaslatot tevő, a mérést elvégző "tulajdonos" természetesen rögtön megkapja az adatokat. Az ő "szerzői" jogait a megfigyelés után általában hosszabb-rövidebb tilalmi idő is védi.) A kisebb adatmennyiséget tartalmazó katalógusokat is célszerűnek bizonyult néhány központi intézményben gyűjteni, archiválni, egymással összevetni és nagy gyűjtőkatalógusokba szervezni. Ugyancsak igény mutatkozott szakértői-módszertani központok létrehozására. Az efféle, egy-egy mesterséges hold adatainak feldolgozására szolgáló központokban nem csak a "tömeges" feldolgozást végzik, igény szerint egy-egy területtel vagy objektummal külön is foglalkoznak. Az adatközpontok használatának módja különböző lehet. A kutató természetesen odaautazhat, és a helyszínen szakavatott segítség mellett végezheti el a munkáját. Esetleg csak egy kérést juttat el a központba, és postán, vagy e-levelelben kapja meg az eredményt. Egyes adatközpontok szolgáltatásai számítógépes hálózaton keresztül bejelentkezve érhetők el, és az is egyre gyakrabban fordul elő, hogy a központok által összegyűjtött (és esetleg ellenőrzött) katalógusokat, vagy a központban feldolgozott méréseket CD-ROM-okon terjesztik a felhasználóknak. A következő részben néhány adatközpontot mutatunk be.

SIMBAD

1981-től kezdve érhető el hálózaton keresztül a Strasbourgi Csillagászati Adatközpont (*Centre de Données Astronomiques de Strasbourg*, *CDS*) gyűjtőkatalógusa, a *SIMBAD*. Ebbe a katalógusba körülbelül 650000 csillag és 100000 egyéb objektum (galaxis, planetáris köd, halmaz stb.) adatait válogatták össze más katalógusokból. A katalógusba csak ellenőrzött adatok kerülhetnek - minden újonnan bekerülő adatot megvizsgálunk, összeegyeztetjük-e a már meglévő értékekkel. Szerepelnek benne többek közt a pozíció, spektráltípus, fényesség-, sajátmozgás- és parallaxisadatok, természetesen az objektum nevei a különböző katalógusokban, valamint bibliográfiai adatok. Az adatközpont és a segítségére levő obszervatóriumok munkatársai több mint nyolcvan folyóiratot figyelnek, és ha egy

objektumról szó esik egy cikkben, a hivatkozás rögtön az adatbázisba kerül.

STARCAT

A ST-ECF által fenntartott katalógus (*Space Telescope ARchive and CATalogue*, STARCAT) hálózaton keresztül érhető el. A HST archivált adatainak tárolásán kívül kapcsolatot biztosít például az IUE vagy az EXOSAT adatbázisokkal is. A HST vagy az IUE esetében például a teljes "megfigyelési napló" hozzáférhető a STARCAT-on keresztül, és bizonyos spektrumok ill. képek. Az ST-ECF a katalóguslekérdező szoftver egy részét eljuttatja az érdeklődő obszervatóriumoknak (ezt *kliens-szerver = ügyfél-kiszolgáló* megoldásnak nevezik). A technikai feltétel egy Sun munkaállomás és Internet kapcsolat. A program elindítása után automatikusan felveszi a kapcsolatot a megfelelő garchingi számítógéppel. A kívánt objektumra vonatkozó megfigyelések kikeresése után a kliens-gép (a felhasználó számítógépe) az észlelési naplóból kiválasztott spektrumot vagy képet lehívja a szerverről (amennyiben rendelkezésre áll - ha már megtörtént a végleges feldolgozás, ill. lejárt a védelmi idő), és egy grafikus ablakban, vagy a SAOimage szoftver segítségével megjeleníti.

Más európai centrumok

Az IUE hold európai adatfeldolgozó központja a spanyolországi Villafrancában van, az EXOSAT röntgenholdé pedig a hollandiai Noordwijkban. A két központ adatai nem csak a STARCAT segítségével érhetők el, de egy másik, az ESA által üzemeltetett rendszeren, az *ESIS-en* (*European Space Information System*) keresztül is. Az ESIS más szolgáltatásokat is nyújt, például elektronikus faliújságként (*bulletin board*) is szolgál, vagy lekérdezhető rajta keresztül az RGO e-levél telefonkönyve. Az olasz ASTRONET is létrehozott egy hálózaton keresztül elérhető katalógusgyűjteményt: a *DIRA2* jelenleg 135 katalógust tartalmaz. Végül szót ejtünk egy hazai adatközpont-lerakatról is: az MTA Csillagászati Kutatóintézetében hamarosan hozzáférhetővé válik a NASA Bolygókutatási Adatrendszer (*Planetary Data System*, PDS) nevű, több intézményre elosztott adatközpontjának egy, a Naprendszer kisebb égitestjeivel foglalkozó alközpontja. Az Interneten keresztül lehet majd elérni, *X-windows* felhasználói felületen keresztül.

Az Astronomical Data Center (ADC)

A NASA Goddard Űrrepülési központjában működő adatközpont a múltban nem a hálózati hozzáférhetőséget választotta. Az itt őrzött katalógusokból a legfontosabbakat CD-ROM-on kiadják, és a világ minden részébe eljuttatják. Az eddig megjelent első CD-ROM 114 katalógust tartalmaz - az adatokat *ASCII* és *FITS ASCII Table*, a hozzájuk tartozó leírásokat *ASCII* és *LaTeX* formában. A *FITS* formátumú táblázatokhoz egy DOS operációs rendszer alatt futtatható keresőprogramot is mellékeltek. Újabban a hálózati hozzáférés lehetőségét is megteremtették - az *Astrophysics Data System* (ADS) rendelkezik az eddigi leglátványosabb felhasználói felülettel!

Az IRAS hold feldolgozóközpontjai

A Jet Propulsion Laboratory keretében működik az IRAS hold adatainak feldolgozását szolgáló számítóközpont, az *IPAC*. A kutatók a helyszínen is feldolgozhatták a számukra érdekes területek adatait, de elegendő volt e-levélen eljuttatni egy kérést, és a kívánt terület feldolgozott, finomított felbontású képeit mágnesszalagon is megküldték. A központ nemrég fejezte be a teljes égboltot lefedő IRAS atlasz kiadását - az adathordozó mi más is lehetne, mint a 600 MB kapacitású, hosszú életű és olcsó CD-ROM. Európában a groningeni (Hollandia) Kapteyn Csillagászati Intézetben ugyancsak igény szerint végzik az IRAS adatok újrafeldolgozását. Már írtunk a GIPSY-ről: a Groningenből e-levélen megrendelt (és egy automatikus rendszer által leszállított) nyers adatokat a felhasználó otthon maga is feldolgozhatja. Részben IRAS adatokat tartalmaz a *NASA/IPAC Extragalaktikus Adatbázisa* (*NED*). Körülbelül 150000 extragalaktikus objektum adatai: pozíciója, neve, alapadatai, infravörös fluxusai szerepelnek benne. Mind a SIMBAD-ba, mind a STARCAT-ba és a NED-be körülbelül kétezerszer jelentkeznek be havonta, hálózaton keresztül.

Szuperszámítógépek

Nem nagyon van olyan (civil) kutatóintézet, amelyik megengedhetne magának egy szuperszámítógépet. Ezeket a drága berendezéseket általában olyan központokban állítják fel, melyek több egyetemet, kutatóintézetet szolgálnak ki. Felhasználóik között különböző tudományokban dolgozó kutatókat: fizikusokat, geofizikusokat, meteorológusokat, csillagászokat, orvosokat és mérnököket találunk. Egy jellemző felhasználási terület az aerodinamika és a hidrodinamika - aki tanult a Navier-Stokes áramlási egyenletekről, tudja miért. Csak néhányat sorolok fel egy 1991-es mitakai (Japán) konferencia előadásainak témái közül (a konferencia témája a szuperszámítógépek alkalmazása volt a csillagászatban): akkréciós korongok és jetek háromdimenziós hidrodinamikai modellezése; keveredés a szupernóvák által kidobott anyagban; a szupernóva által ledobott héj kölcsönhatása a csillagkörüli anyaggal; csillagkeletkezés összeütköző felhőkben; gömbhalmazok dinamikai fejlődése; nagyléptékű szerkezetek kialakulása az univerzumban. Egy másik jellemző szuperszámítógép-alkalmazási terület (nem csak a csillagászatban) a vizualizáció: bonyolult adatstruktúrák képi megjelenítése. A Harvard-Smithsonian Asztrofizikai Központ egyik munkatársa [\(24\)](#) például a galaxishalmazok eloszlásának modelljét animálta egy szuperszámítógép segítségével: a film nézője utazást tehet az Univerzumon keresztül!

Elektronikus publikálás

Szó esett már az e-levélen terjesztett hírlevelekről, és nem meglepő az sem, hogy néhány csillagászati lap már elfogadja az e-levélen beküldött cikkeket. Más szerkesztőségek a szöveg mágneslemezen való beküldését részesítik előnyben. A szöveg esetében egyre általánosabbá válik a TeX illetve a LaTeX használata. A TeX **Donald Knuth** csodálatos szedőprogramja (a szerzői jog az Amerikai Matematikai Társaságé). A LaTeX a TeX-re épülő logikai kijelölőnyelv. A kiadvány logikai részeit lehet vele megjelölni: például a bevezetést, a címet, fejezetcímeket vagy éppen a képaláírásokat. Az *Astronomy and Astrophysics* LaTeX stílusfájlokat terjeszt a szerzők között, akik így saját képernyőjükön megnézhetik, milyen lesz a kinyomtatott cikk. Persze, nem elhanyagolható az sem, hogy a cikk átfutási ideje sokkal rövidebb, ha a szerző majdhogynem nyomdakészen juttatja el a művét a kiadóhoz. Az ábrákkal már nehezebb a helyzet - bár véleményünk szerint a *PostScript* formátumot fogják majd a kiadók általánosan elfogadni. Sem a TeX, sem a PostScript nem kötődik géptípushoz (éppúgy elterjedtek a PC-ken mint a munkaállomásokon vagy VAX-okon), mindkettő átküldhető e-levélen (csak az ASCII kódtábla alsó felét használják, és sok e-levelező rendszer csak 7 bitet enged meg). A folyóiratok rengeteg helyet foglalnak el a polcokon. Az *Astrophysical Journal* köteteinek sora például évi egy métert gyarapszik. Az információs robbanás a Gutenberg-galaxis pusztulását eredményezheti. Az eddig használatos hordozóanyag - a papír - át kell adja a helyét valami könnyebbnek, mint ahogy az agyagtáblák kora is letűnt. A tervek szerint az *Astronomical Journal* az évtized közepére elektronikus újsággá alakul. Az új terjesztési mód persze új problémákkal is jár - például az illegális másolás lehetőségével. Az *Astronomical Journal* és az *Astrophysical Journal* közös, CD-ROM mellékletet tervez a nagyobb táblázatok megjelentetésére. Az elektronikus formátum - legyen az e-levél vagy CD-ROM - sokkal olcsóbb, és ez az előfizetési és publikációs díjakban (bizony, nem egy csillagászati folyóiratnál a szerző fizet a megjelenés lehetőségéért!) is megmutatkozik majd. Egy ideig magmaradnak a hagyományos, papírra nyomott példányok is, de az árak igencsak borsos lesz!

Visszakereső-rendszerek

Az elektronikus formátum egyik fontos előnye az elektronikus keresés lehetősége. A cikkek áradatából ugyanis egyre nehezebb a kutatóknak kiszűrniük mindazt, ami számukra érdekes. Próbálkoznak egyszerű keresőrendszerekkel, mint a STELAR projektben (*STudy of Electronic Literature for Astronomical Research* - a NASA, az AAS és az ASP közös programja): az INTERNET WAIS rendszerén alapul. A WAIS a szövegben előforduló szavakat keres: mondjuk a "galaxis" kulcsszóra kiadja azokat a cikkeket, melyekben ez a szó szerepel. Amelyikben többször, azt előrébb rangsorolja. Némi ügyességgel és gyakorlattal lehet olyan szókombinációval kérdezni, ami viszonylag közel visz a kívánt cikkek köréhez. Ennél bonyolultabb rendszert alkalmaz a szintén amerikai ADS - ennél a rendszernél bonyolultabb kérdéseket lehet feltenni, és az eredményül kapott cikklista is közelebb lesz a kívánt eredményhez. Az ADS visszakeresőrendszere nem olyan "buta", mint egy közönséges adatbáziskezelő: az emberi agy

működéséhez közelebb álló "fuzzy" logikai tulajdonságokkal rendelkezik - képes a hibásan írt kulcsszavak, nevek felismerésére, és felismeri azt is, hogy A. Holl valószínűleg ugyanaz a személy, mint Andras Holl, András Holl vagy András A. Holl.

A számítástechnika helye a csillagászati kutatásban

A csillagászati kutatáshoz három tárgyi feltétel kell: megfigyelési technika (távcsövek, detektorok és személyzet), könyvtár és számítástechnika (gépek, programok és személyzet) - azaz pénz, pénz és pénz. A pénzből az utóbbi időben egyre többet fordítanak a számítástechnikára. Egyrészt ezen a területen lehet a legkisebb befektetéssel a leglátványosabb fejlődést elérni, másrészt a "divatos" számítástechnikai fejlesztésre a legkönnyebb pénzt kapni - néha még kérni sem kell. A számítástechnika egyre jobban átítatja a megfigyelési technikát és az információátvitelt (könyvtár, archívum) is. A csillagász egyazon terminál előtt végezheti a megfigyelést, a számításait, írhatja a publikációt és (nemsokára) olvashatja az irodalmat. A számítástechnika térhódításáról konferenciák és könyvek sora tanúskodik: említhetjük a szicíliai Erice-ben vagy a Garchingban tartott konferenciákat, a 91-ben Tucsonban és 92-ben Bostonban megrendezett amerikai szoftverkonferenciát, a strasbourgi kiadványszerkesztési, vagy az ugyanitt megrendezett *Csillagászat nagy adatbázisokból* című konferenciát, valamint **C. Jaschek** *Data in Astronomy* c. könyvét. Majd tíz évvel ezelőtt az első ericei konferencián azt tanácsolták az obszervatóriumoknak, hogy VAX-okat vásároljanak, ha jól akarnak. A nyolcvanas évek végéig a DEC gépek és a VMS operációs rendszer szinte egyeduralmuk voltak a csillagászatban. A kilencvenes évek elejének jellemző számítástechnikai környezete a munkaállomás, UNIX operációs rendszerrel. Az elmúlt évtizedben a SPAN-hoz és a BITNET-hez, ma már az Internet hálózathoz kapcsolódnak leginkább az obszervatóriumok. A szabványos adathordozó is megváltozott: a félhüvelykes mágnesszalag helyett manapság inkább DAT-ot, EXABYTE-ot és CD-ROM-ot használnak (ezek szabványosak, ráadásul olcsók, mivel egy-egy kommersz termék áll mögöttük). A távcsövek mellett a mérésvezérlést-adatgyűjtést korábban CAMAC-, ma inkább VME-modulokból felépített rendszerek ill. PC-k végzik.

Számítástechnika az oktatásban és az amatőr csillagászatban

A hazai amatőr csillagászok közül sokan juthatnak számítógéphez (vagy sokaknak van is), mint azt a *Meteor* (1993/3) felmérése is tanúsítja, és nem sok olyan általános- vagy középiskola lehet Magyarországon, ahol ne akadna legalább egy-néhány ebből az univerzális oktatási segédeszközből. A számítástechnika térhódítását a nyugati amatőr csillagászok között leginkább a csillagászati magazinok - a *Sky and Telescope*, az *Astronomy* vagy a *Sterne und Weltraum* - hirdetései alapján mérhetjük fel. A *Sky and Telescope* 1993. júniusi számában 24, részben vagy egészben számítástechnikai terméket kínáló hirdetést számoltunk össze. A géppark nálunk is, külföldön is túlnyomó részben IBM PC kompatibilis gépekből áll. A hirdetések alapján alighanem a planetáriumprogramok a legnépszerűbbek: kirajzolják a képernyőre a kívánt időpont csillagos eget, kívánságra gyorsítva mutatják a mozgásokat, a bolygók pályáját a csillagos ég háttére előtt. Csillagtérképet rajzolnak a SAO katalógus csillagaiból, esetleg egészen 15 magnitúdóig, a GSC CD-ROM segítségével. Esetleg ráközelíthetünk egy-egy objektumra - mondjuk a Jupiter esetén megláthatjuk a holdak mozgását, pályáját, majd még nagyobb "nagyítás" alkalmazásával előhívhatjuk a Voyager szondák által készített felvételeket. (Hát bizony, legalább egy AT-re van szükség, de inkább 386-osra, ajánlatos egy aritmetikai segédprocesszort is beszerezni, no meg VGA kártyát és CD-ROM olvasót...) Egyre terjednek az "amatőr" CD-ROM adatbázisok (válogatott mély-ég felvételekkel vagy a bolygókutató szondák képeivel), és egyes "profi" adatbázisokból is megpróbálnak profitot szerezni nyilvános terjesztéssel. Gyakoriak az amatőr távcsövekhez csatlakozható elektronikus vezérlőrendszerek: segítségükkel például a távcső magától rááll a kívánt Messier-objektumra. (Ezen a ponton "elvesztítettük a fonalat". A profi csillagászok nem az objektum megkeresésében lelik örömüket, nekik ez fárasztó munka. De az amatőr távcsövek mozgatásának számítógépesítése (*Computer Aided Telescope*, CAT) már nincs messze attól, hogy egy amatőrök számára készült CCD kamera segítségével (ilyeneket is lehet kapni a piacon) már arra se legyen többé szükség, hogy a tulajdonos felkeljen a TV előtti karosszékből. A távcsőve reggelre "leszállítja" az előre programozott mély-ég felvételeket... De akkor már inkább a CD-ROM-ot kellene megvenni!)

Hogy készül az Évkönyv?

A számítástechnika meghatározó szerepet játszik az évkönyv készítésében is. Táblázatainkhoz a szükséges adatokat részben a Nautical Almanac Office programja, az *Interactive Computer Ephemeris (ICE)* segítségével, részben saját programokkal számoljuk, ill. táblázatos formában kapjuk a belga **Jean Meeustól** és néhány tagtársunktól (a közreműködők neve a belső borítón megtalálható). Az ICE-vel egy 486-os PC-n körülbelül egy órába kerül egy "évkönyvnyi" adatmennyiség kiszámítása. A nyers adatállományokból az évek során fokozatosan kifejlesztett programcsomag szinte "emberi kéz érintése nélkül" hozza létre a TeX formában szedett oldalakat - ez jelentősen csökkenti a hibák, tévedések lehetőségét. 1992 óta a táblázatok között szereplő ábrák nagy részét is programok rajzolják. A cikkek és beszámolók többségét mágneslemezen kapjuk a szerzőktől - némelyiket már TeX formában! Az ábrákat a forrás minőségétől függően lapolvasóval (szkennerrel) beolvassuk, majd grafikai programok segítségével javítjuk, feliratozzuk, szükség esetén teljesen átrajzoljuk. A kész állományokat a TeX fordítóval szerkesztjük a szövegbe, végül 300 pont/hüvelykes felbontású lézernyomtatóval állítjuk elő a nyomdakész oldalakat. A könyvkiadás hagyományos módszereivel az Évkönyv megjelentetése mind költségeit, mind a szükséges munka mennyiségét tekintve reménytelen feladat lenne egy anyagi gondokkal küszködő, kis egyesület számára. A számítástechnika segítségével lehetségessé vált, hogy néhány ember - munkája mellett, mintegy "szabadidejében" - létrehozza az évkönyv nyomdakész anyagát, reményeink szerint az olvasók mind teljesebb megelégedésére!

Jegyzetek

(1) **Bruce Balick**

(2) TCP/IP protokoll szerint

(3) Lehet máshonnan is, de ajánlatos legalább az első alkalommal Edinburgh-ba utazni.

(4) **Russel Genet** nevét kell megemlíteni

(5) a mozaiktükrös távcsöveknél ennél gyakrabban

(6) **Waltraut Carola Seitter** vezetésével

(7) **Hans-Martin Adorf** és kollégái készítették a HST európai központjában (Space Telescope European Coordinating Facility, ST-ECF).

(8) a Remote Proposal Submission rendszer segítségével

(9) General Observer Phase II.

(10) Proposal Entry Processor Entry Database, PEP EDB

(11) Science Planning and Scheduling System

(12) **Mark Johnston** (STScI)

(13) **Mark Johnston** és **Hans-Martin Adorf**

(14) Image Reduction and Analysis Facility = Képredukáló és Elemző
Eszköz

(15) National Optical Astronomy Observatories, NOAO

(16) Science Data Analysis System, SDAS

(17) Munich Image Data Analysis System

(18) Astronomical Image Processing System

(19) National Radio Astronomy Observatory, NRAO

(20) **Glenn Miller** és **Mark Johnston** fejlesztik az STScI-ben

(21) **Chris Benn** és **Ralph Martin**

(22) Electronic-mail Guide

(23) az Input Catalog, INCA

(24) **Margaret Geller**

